

Su içerisinde yaşayan bitkilerin spektral özelliklerinin incelenmesi

Murat KARABULUT*

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Aşar Kampusu, Kahramanmaraş

Özet

Son yıllarda Türkiye’de ve Dünya’da sulak alanların önemi birçok kamu kurum ve kuruluşu tarafından daha iyi anlaşılmış ve korunması öncelikli alanlar arasına dâhil edilmiştir. Bu alanlarda yaşayan bitkiler su kalitesi üzerindeki olumlu etkileri, birçok kuş türü için beslenme ve barınma alanları olmaları ve diğer birçok yönden ekonomik değere sahip olmaları nedeniyle birçok bilim adamı tarafından çeşitli yönleriyle incelenme alanları olarak görülmüşlerdir. Son 30 yıldır bu tür çalışmalarda kullanılan uzaktan algılama teknikleri manuel metotların sahip olduğu dezavantajları ortadan kaldırması nedeniyle sulak alan çalışmalarında da yoğun bir şekilde tercih edilmişlerdir. Özellikle orta çözünürlükteki uydu verileri daha ucuz olmaları, yoğun işgücüne olan ihtiyacı ortadan kaldırmaları, geniş alanlarda bütün ekosistemi içerisine alacak şekilde tekrarlanabilen verileri üretmeleri nedeniyle birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Bu çalışmada suda yaşayan bitkilerin spektral özelliklerini tespit etmek amacıyla üzerinde bataklık bitkileri yerleştirilmiş bir panel tank içerisinde çeşitli derinliklere indirilerek farklı zemin ve bulanıklık koşullarında ölçümlere tabi tutulmuştur. Reflektans değerlerini toplamak amacıyla Spectron Engineering SE-500 spektrometresi kullanılmıştır. Spektron 368.5–1113.7 nanometre(nm) arasında değişen 252 farklı dalga boyunda veri toplama kapasitesine sahiptir. Laboratuvar ortamında yapılan bu deney, doğal su ortamlarında yaşayan bitkilerin yakın mesafe uzaktan algılama yöntemleri ile incelenmesi sırasında temiz su ve koyu renkli zemin koşullarında daha doğru ve güvenilir sonuçlar verebileceğini ortaya koymuştur. Elektro manyetik spektrumun yakın kızılötesi bölgesinin özellikle 700–730 nm’lik bölümünün sucul bitkilerin özelliklerinin belirlenmesinde önemli dalga boyu aralığı olduğunu deney sonuçları açıkça göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Uzaktan algılama, sulak alan, bataklık bitkisi, spektrometre, su.*

*Yazışmaların yapılacağı yazar; Murat KARABULUT. mkarabulut@ksu.edu.tr; Tel: (344) 219 13 33.

Makale metni 28.12.2005 tarihinde dergiye ulaşmış, 03.04.2007 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.04.2008 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

An examination of spectral characteristics of aquatic vegetation

Extended abstract

In recent decades wetlands have been recognized as important ecosystem areas that should to be protected in Turkey and through out the World. Aquatic plants are an important indication of lake and wetland health because they help protect water quality and provide habitat for fish and other wildlife animals (Vatla-Hulkkonen vd., 2004). Therefore these valuable areas should be protected and monitored. Monitoring aquatic vegetation helps to protect wetlands and provides useful information about nature of wetlands. Many researches have been done several studies concerning about determination of status of aquatic vegetation in various water bodies by using traditional methods which are time consuming, expensive and labor intensive. In contrast, remote sensing is an economic way to monitor wetland areas, because it can monitor large areas in a short time on a repetitive basis.

Remote sensing is a reliable tool for the examination of vegetation, both terrestrial and aquatic. Data from remote sensors have been used to determine at least four pertinent issues with regard to vegetation such as presence and absence of vegetation, type, condition of vegetation and production. In this experiment, the lab exercise was aimed at the use of close range remote sensing to examine several reflectance properties of submerged aquatic vegetation in different depth. The water tank was used for the experiment has 150 gallons volume, black polyethylene, and around m. depth. The experiment was conducted in a room that has painted black to control illumination and eliminate unwanted reflectance.

Light measurements were made with a spectron Engineering, SE-590 spectroradiometer. This spectron collects data in 256 discrete channels. To eliminate noise effect a smoothing technique was used to calculate results. A white panel was used as a solar calibration standard. The volume reflectivity was calculated by rationing upwelling target radiance and calibrated radiance. Black and white panels were used as surrogate bottom during scanning. This target lowered in a horizontal position. This procedures were repeated the experiment with sediment solution above black bottom.

The spectral response of the aquatic vegetation was reported in terms of percentage reflectance in differ-

ent bottom and depth conditions. Results represent the variation of reflectance values in different wavelengths. The spectral features signifying the presence of aquatic vegetation in the water column consists of low reflectivity in all depth conditions between 400 and 500 nm because of absorption of blue lights. It seems that blue chlorophyll absorption region is more obvious with black background than with white because of white reflectance at shorter wavelength.

There is a maximum green reflectivity between 500 and 600 nm following by classic red absorption region around 670 nm in both white and black bottoms and in different depth conditions. Maximum reflectance in the green region of EMS is related to presence of chlorophyll in the plants. Red absorption feature seems more apparent in both white and black bottom conditions. The highest reflectance is located in the NIR region of the EMS with both white and black bottom at the surface. High reflectance in the NIR results primarily from the internal structure of the vegetation. According to figures in the NIR there is another peak around 850 nm due to back scattering. Between these two peaks a small water absorption feature is present.

In general, as suspended sediment amounts increased reflectance increased at the visible and NIR region with black bottom. In the case of no vegetation white background has highest reflectance curve than black bottom and turbid water. The amount of reflectance with white bottom reaches around 23 percent. In contrast the volume reflectance with black bottom is too low which is less than 1 percent because water absorbs all lights. In the case of presence of sediment with black bottom, the volume of reflectance increases and is higher than clear water with black background.

Our experiment led us to conclude that the ordered patterns of either increasing or decreasing volume of reflectance of aquatic vegetation with different depth and bottom conditions were both logical and consistent. The useful findings from this experiment consisted of the apparent importance of bottom color on vegetation signals. With depth total amount of reflectance decreased both over the white and black background. Presence of suspended sediment increases the volume reflectance over black bottom.

Keywords: remote sensing, wetland, aquatic vegetation, spectroradiometer, water.

Giriş

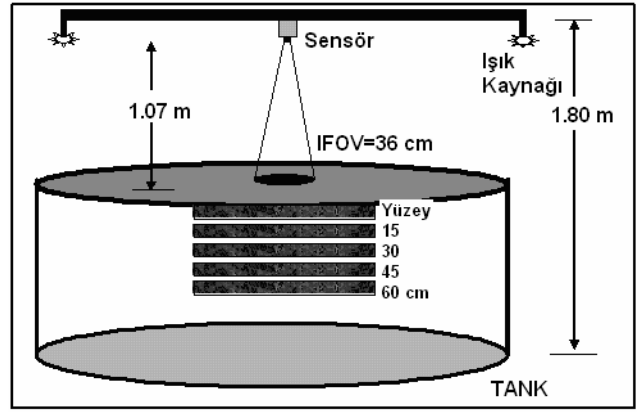
Son dönemlerde Türkiye’de ve Dünya’da sulak alanların önemi daha iyi kavranmış ve korunması öncelikli alanlar arasına dâhil edilmiştir. Bu alanlarda yaşayan bitkiler su kalitesi üzerindeki olumlu etkileri, bir çok kuş türü için beslenme ve barınma alanları olmaları ve diğer bir çok yönden ekonomik değere sahip olmaları nedeniyle incelenmeleri gerekir (Vatla-Hulkkonen vd., 2004). Bu derece kıymete sahip olmaları nedeniyle bu alanlar bilim adamları, kamu kurum ve kuruluşlarının rutin inceleme sahalarını oluşturmaya başlamıştır. Bu alanlarda yaşayan bitkilerin durumları, biyolojik aktivite seviyeleri sulak alanların fonksiyonlarını yerine getirip getirmediğilerinin delilini oluşturmak- tadır. O yüzden bu bitkilerin durumlarının incelenmesi, izlenmesi ve özelliklerinin haritalanması oldukça önemlidir. Ancak biyolojik çeşitliliğin tespit edilmesi, haritalanması geleneksel metotlarla hem çok pahalı, zor ve yoğun işgücü gerektirmektedir. Özellikle yer gözlem yöntemlerinin geniş alanlara yayılan ekosistemin tamamını içerisine alacak şekilde düzenlenmesi imkânsızdır. Bu nedenle manuel metotlarla elde edilen verilerden hareketle haritaların yapılması pratikte kullanışlı değildir. Diğer taraftan son 30 yıldır kullanılan uzaktan algılama teknikleri yukarıda bahsettiğimiz dezavantajları ortadan kaldırmaktadır. Özellikle yüksek mekansal ve spektral çözünürlükteki uydu verileri (Landsat TM, SPOT) daha ucuz olmaları, yoğun işgücüne olan ihtiyacı ortadan kaldırmaları, geniş alanlarda bütün ekosistemi içerisine alacak şekilde tekrarlanabilen verileri üretmeleri nedeniyle bir çok araştırmacı tarafından tercih edilmiştir (Han ve Rundquist, 1994; Rundquist vd., 1995; Rundquist vd., 1996; Penuelas vd., 1997; Tolk vd., 2000; Han ve Rundquist, 2003; Vatla-Hulkkonen vd., 2004).

Bu araştırmanın ana objektifini yakın mesafe uzaktan algılama tekniklerini kullanarak su içerisinde yaşayan bitkilerin spektral özelliklerinin farklı derinlik, zemin ve bulanıklık koşullarında tespitinin yapılması oluşturmaktadır. Böylece orta ve uzak mesafe uzaktan algılama çalışmaları için kullanışlı bilgiler laboratuvar ortamında üretilmiş olacaktır. Ayrıca farklı zemin koşulla-

rının veri üzerindeki etkileri ortaya konacak ve doğruluk analizlerine yardımcı olacak ipuçlarını ortaya koyacaktır.

Materyal ve metot

Bu laboratuvar deneyi Nebraska Üniversitesi arazi kullanım inceleme merkezi (CALMIT) spektrometre laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneyde 600 litrelik siyah renkli polietilen tank kullanılmıştır. Tank 80 cm derinlikte olup 73 cm’ye kadar su ile doldurulmuştur (Şekil 1). Dış yansımaları ortadan kaldırmak amacı ile tank siyah renge boyanmıştır. Deney istenmeyen çevresel yansımaları önlemek ve ışığı kontrol etmek amacıyla siyah renge boyanmış küçük bir odada yapılmıştır.



*Şekil 1. Deney düzeneği
(Karabulut ve Ceylan, 2005)*

Deney sırasında üzerinde ölçüm yapılacak bitkiyi taşımak amacıyla 40x40 cm boyutunda metal çerçeveden oluşan bir panel hazırlanıp üzerine bir ağ yerleştirilerek köksüz halde bulunan bataklık bitkileri dengeli bir şekilde düzenlenerek yerleştirilmiştir. Bitkilerin su içerisinde dağılmasını önlemek amacıyla başka bir ağ ile sağlamlaştırma işlemi yapılmıştır. Panelin dört köşesine bağlanan ipler vasıtasıyla panelin su içerisinde derine doğru dengeli bir şekilde hareketi sağlanmış ve ölçümler sırasında istenilen derinlikte hedefin su içerisinde sabitlenmesi sağlanmıştır.

Radyometrik ölçümler boş tank, temiz ve bulanık su, siyah beyaz zemin üzerinde yapılmıştır.

İlk ölçüm bitki panelinin su yüzeyinin hemen altında olduğu durumda yapılmış, daha sonra 15 cm'lik aralıklarla derine doğru hareket ettirilerek deney 60 cm derinlikte tamamlanmıştır. İlk önce temiz su içerisinde ölçümler yapılmış daha sonra işlemler su tankının zemini açık renkli hale getirilerek ölçümler tekrarlanmış ve en son aşamada siyah zemin üzerinde bulanık su içerisinde ölçümler yapılmıştır.

Reflektans değerlerini toplamak amacıyla Spectron Engineering SE-500 spektrometresi kullanılmıştır. Spektron 15°'lik optik ile 368.5–1113.7 nm arasında değişen 252 farklı dalga boyunda veri toplama kapasitesine sahiptir. Nadir noktası olarak tankın merkezi seçilmiş ve algılayıcı 1.07 m yükseklikteki platforma yerleştirilmiştir (Şekil 1). Spektronun taradığı alanın çapı yaklaşık olarak 36 cm'dir (IFOV 36 cm). Spektrometre spektralon adı verilen bir panel vasıtası ile kalibre edilmiştir.

Yansım faktörü aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Han ve Rundquist, 1994).

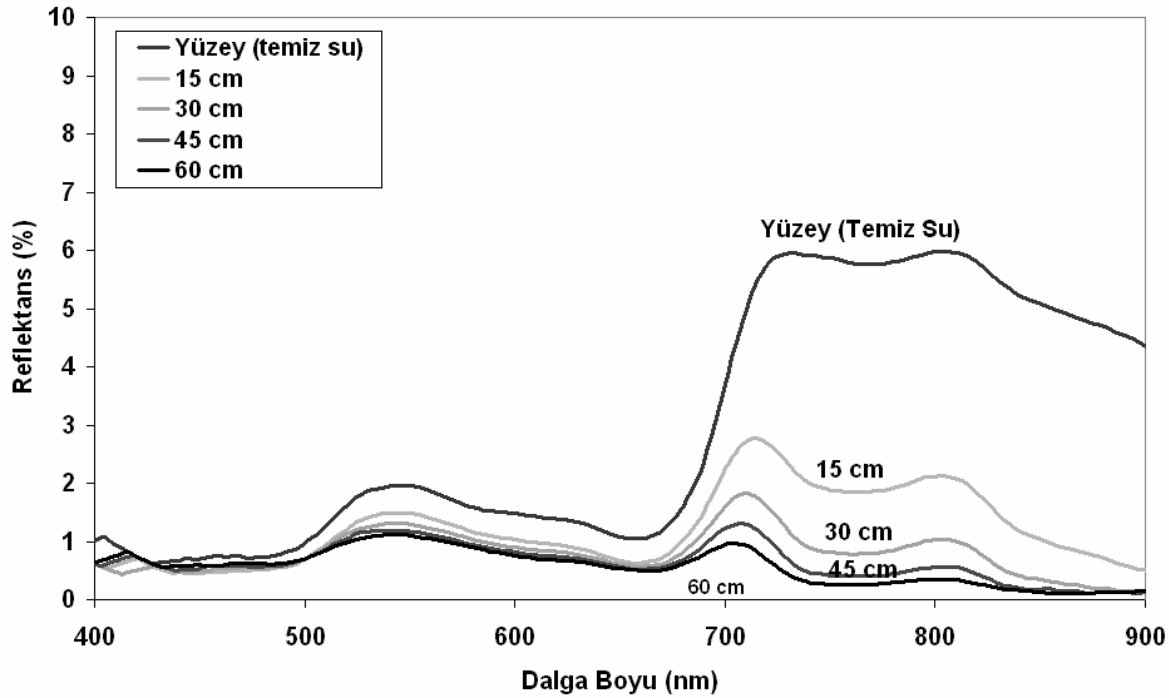
$$R(\lambda) = \frac{L(\lambda)}{S(\lambda)} \times Cal(\lambda) \times 100 \quad (1)$$

$L(\lambda)$: Hedefin radyant dalga boyunu (su yüzeyinden ölçülen yansım değeri), $S(\lambda)$: Kalibrasyon panelinden elde edilen yansım değerlerini, $Cal(\lambda)$: Kalibrasyon faktör değeri.

Elde edilen sonuçlar kalibrasyon amaçlı kullanılan beyaz panelden yansıyan reflektans değerleri ile oranlanarak yansım miktarları yüzdesel olarak yukarıdaki formül kullanılarak hesap edilmiştir. Verilerdeki gürültü hatalarını elimine etmek amacıyla ortalama yöntemi kullanılarak veriler üzerinde yumuşatma işlemi uygulanmıştır. Bu prosedür her bir derinlikte beş farklı ölçüm yapıp bunların ortalamalarının alınmasıyla elde edilmiştir. Özellikle 400 nm'nin altında ve 900 nm'nin üzerinde veri içerisine gürültü hatalarının istenilmeyen ölçüde dâhil olması nedeniyle bu alanlar hesaplamalara dâhil edilmemiştir.

Bulgular ve tartışma

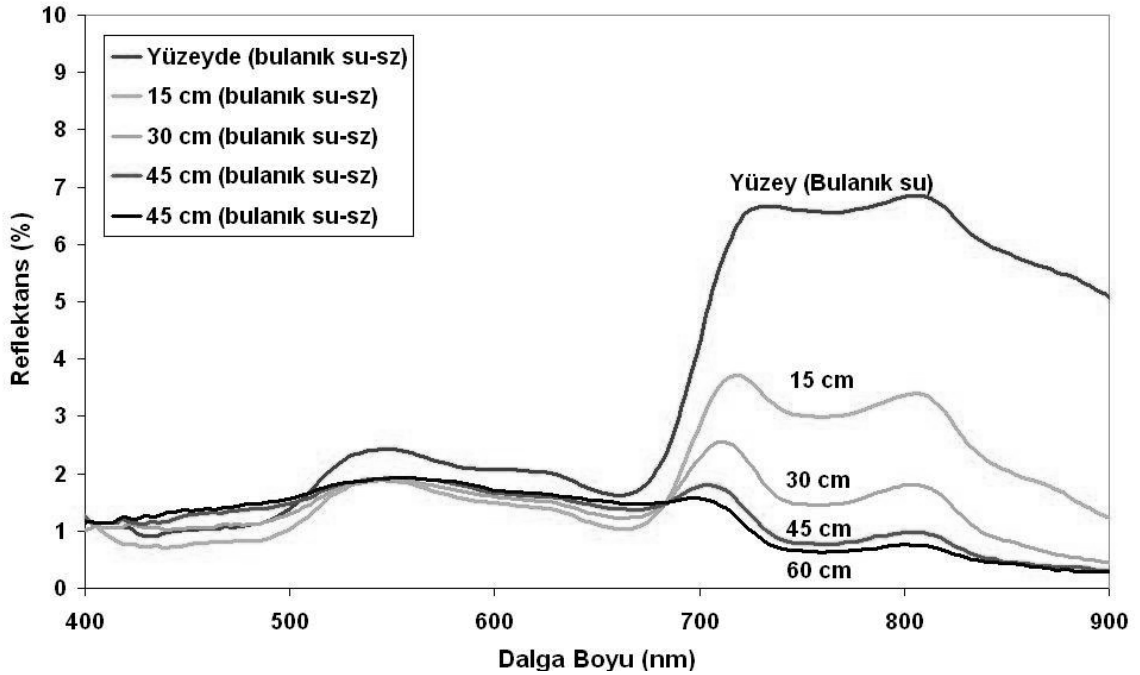
Bu araştırmada suda yaşayan bitkilerin spektral özelliklerini tespit etmek amacıyla üzerinde bataklik bitkileri yerleştirilmiş bir panel tank içerisinde çeşitli derinliklere indirilerek farklı zemin ve bulanıklık koşullarında ölçümlere tabi tutul-



Şekil 2. Siyah zemin üzerinde ve temiz su koşullarında tekrarlanan ölçümlerin sonuçları

muştur. Yansıma değerleri farklı derinlik ve zemin koşullarında yüzdesel olarak ifade edilmiştir. Şekil 2 siyah zemin üzerinde ve temiz su koşullarında tekrarlanan ölçümlerin sonuçlarını göstermektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi yüzeyde yapılan ölçüme ait değerler tipik vejetasyon yansıma özelliklerini karakterize etmektedir. Kara üzerinde yaşayan bitkilerin spektral özelliklerine benzer şekilde 700 nanometre(0.7 mikron, yakın kızılötesi)’den daha büyük dalga boylarında daha yüksek yansıma değerleri ortaya çıkarken, görünen dalga boylarında (400–700 nm) daha düşük spektral değerler ölçülmüştür. Bu dalga boylarından mavi (400–500 nm) ve kırmızı ışık (650–670 nm) bölgesinde düşük yoğunlukta klorofil absorpsiyon alanları çok belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Bilindiği gibi bitkiler güneşten gelen mavi ve özellikle kırmızı dalga boyundaki enerjiyi fotosentez aktiviteleri sırasında kullanmak üzere depolarlar. Bu nedenle bu ışık dalga boylarında yansıma değerleri her zaman düşük olur. Ancak yakın kızılötesi bölgesindeki % 6 civarında ölçülen reflektans miktarı %50’ye yaklaşan karasal bitkilere göre oldukça düşük gözükmemektedir. Bunun temel nedeni suyun kızılötesi ışığın tamamını yutma eğiliminden kaynaklanmaktadır.

Üzerinde bitki bulunan panel su içerisinde yüzeyden 15 cm derine doğru hareket ettirildiğinde yansıma değerlerinde çok belirgin bir düşüşün gerçekleştiği açıkça görülmektedir. Özellikle yakın kızılötesi bölgesinde %50 civarında dramatik bir azalmayla birlikte yansıma miktarı % 3 dolaylarına gerilemektedir. Diğer bir ifade ile kızılötesi ışığın 15 cm’lik yolu su içerisinde kat etmek zorunda kalmasıyla yüzeyde meydana gelen yansıma miktarı yarı yarıya azalma göstermektedir. Şekil 2 dikkatlice incelendiğinde 700 nm’nin üzerindeki bölgede suyun ışık absorpsiyonunda meydana gelen farklılaşmalar nedeniyle iki zirvenin ortaya çıktığı görülmektedir. Bunlardan birincisi 700-730 nm, diğeri ise 800-805 nm civarında ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlar su yüzeylerinin 760-770 nm dalga boyundaki kızılötesi ışığa daha duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Derinliğin artmasıyla birinci zirvedeki azalış trendi, ikincisine göre daha yavaş gerçekleşmektedir. 700 nm’den daha küçük dalga boylarındaki düşüşler çok daha az belirgindir. Panel 45 ve 60 cm derinliklere indirildiğinde hem görünen hem de yakın kızılötesi dalga boyunda yansıma miktarı %1 civarına inmektedir. Muhtemelen bu derinlikten sonra bitkinin algılayıcı yardımıyla tespit edilmesi oldukça zorlaşacaktır.



Şekil 3. Siyah zemin üzerinde ve bulanık su koşullarında yapılan ölçümlerin sonuçları

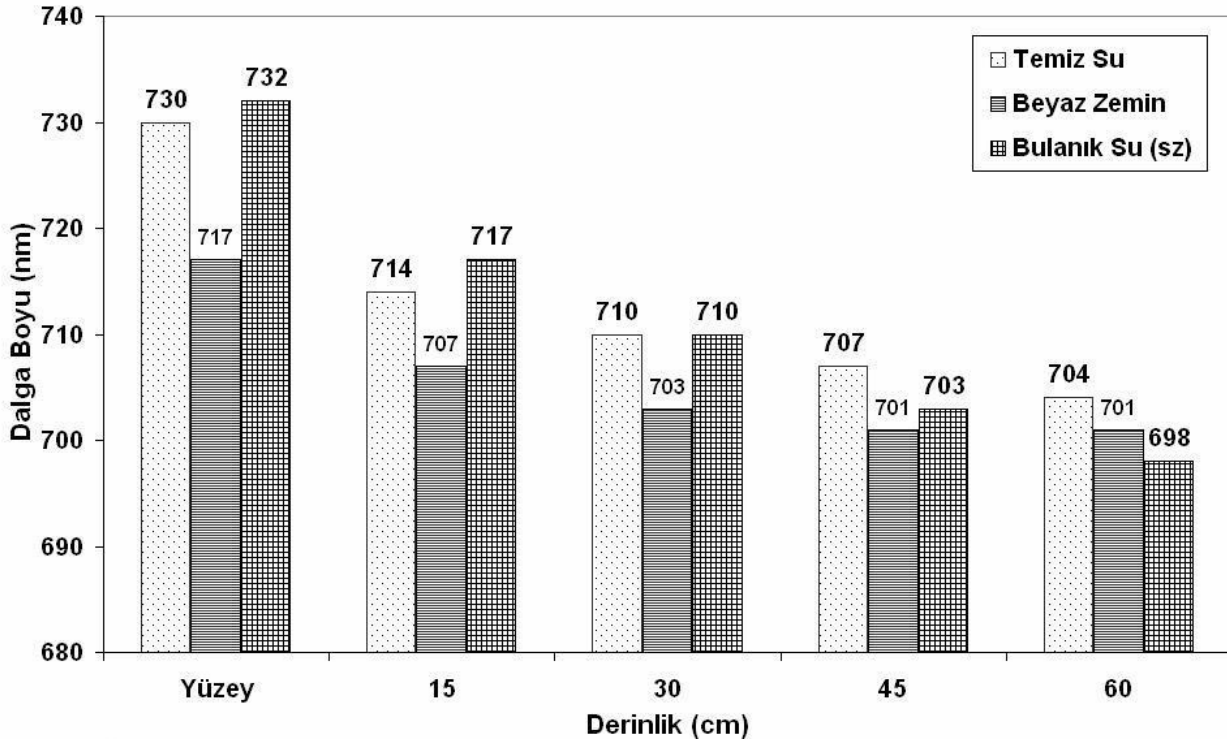
Tabiatı su kütleleri genellikle içerisinde sediment ihtiva ederler. Bu nedenle deneyimizde tank içerisine belli miktar sediment ilave edilerek spektral ölçümler yeniden tekrarlanmıştır. Bulanık suda yapılan ölçümlerin sonuçları Şekil 3’de gösterilmiştir. Genel olarak yukarıda açıklamaya çalıştığımız şekilde benzer sonuçlar su içerisine sediment ilave edildiği zaman da ortaya çıkmaktadır. Temiz su ölçümlerinde olduğu gibi su yüzeyinden uzaklaştıkça yansımalar da buna paralel şekilde azalma eğilimi göstermektedir. Ancak genel olarak bulanık su yansımaları değeri % 1 oranında temiz su değerlerinden daha yüksektir. Diğer bir ifade ile sediment ilavesi ile yansımalar miktarında küçükle olsa bir iyileşme söz konusu olmuştur. Ancak normal bitki örtüsü spektral yansımalar özelliklerini ortaya koyan tipik grafiksel görüntünün ortadan kalktığı görülmektedir. Yani görünen ışık ile kızılötesi arasındaki yansımalar farkı azalmaktadır. Bunun temel sebebi sedimentlerin mineralojik özelliklerinin suyun ışığı absorbe etme yeteneğini kısıtlamasından (zayıflatmasından) ileri gelmektedir. Bu nedenle bulanık sular üzerlerine gelen ışığı yansıtarak sucul bitkilerin ihtiyacı olan ışık enerjisini almalarına engel olarak ve

neticede de normal biyolojik aktivitelerini sınırlandırarak yaşamlarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Şekil 3’de ortaya konulan diğer bir önemli sonuç ise 45-60 cm derinlikte sedimentten yansıyan ışığın bitkiden yansıyan ışığı domine ederek normal bitkisel reflektans grafik görüntüsünün bozulmasına neden olduğunun ortaya çıkmasıdır. Bitki varlığı nedeni ile belirginleşen mavi ve kırmızı absorpsiyon bölgelerinin ortadan kalkmış olduğu sonuçlardan açıkça anlaşılmaktadır.

Her iki ölçümde de yakın kızılötesi pik değerleri derinliğin artmasına bağlı olarak 730 nm’den 700 nm’ye doğru daha küçük dalga boyu bölgesine kaymıştır (Şekil 4).

Uzaktan algılama çalışmalarında su yüzeyleri incelenirken zemin özelliklerinin önemi büyüktür. Çünkü ışığın yansımalar değerlerinin kullanıldığı uzaktan algılamada zeminden yansıyan ışığın bilinmesi araştırmanın güvenilirliği ve doğruluğu bakımından çok büyük önem taşır. Bu nedenle açık renkli bir zemin üzerinde yukarıda



Şekil 4. Yakın kızılötesi bölgesinde derinliğin artmasına bağlı olarak pik değerlerinin değişimi

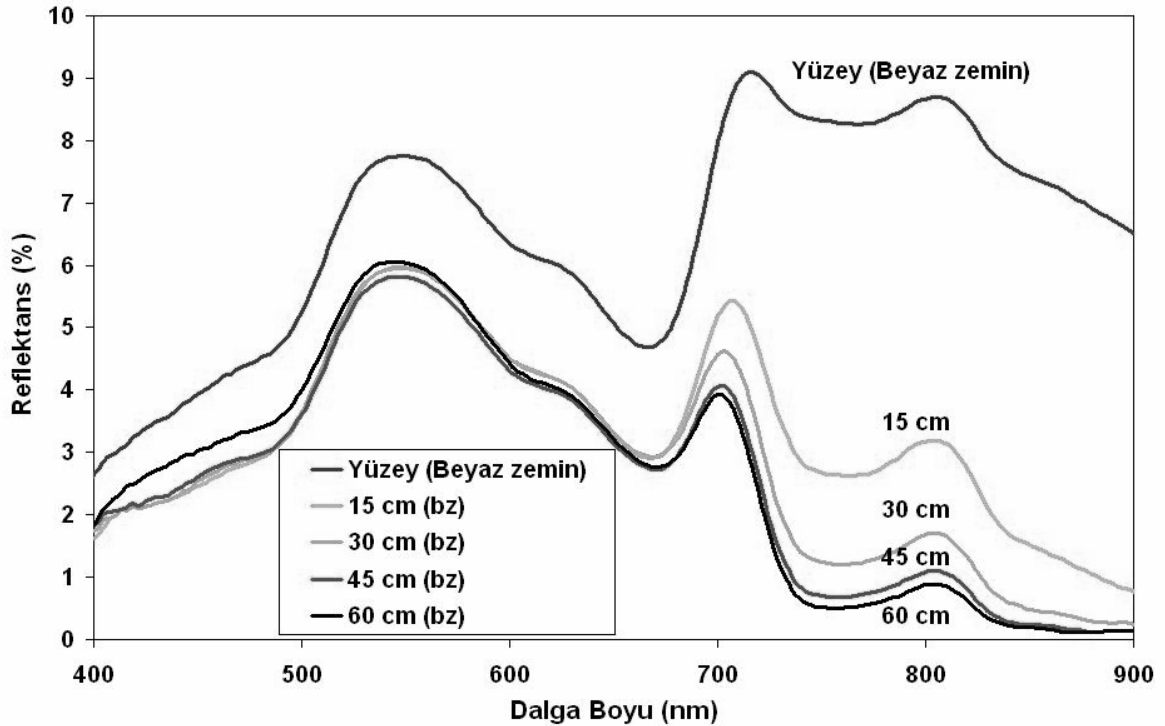
tarif ettiğimiz ölçümler zeminin etkisini ortaya çıkarmak amacıyla tekrarlanmıştır. Bu prosedürün sonuçları ise Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi tipik bitki örtüsü yansıma grafiğinin tam anlamıyla ortaya çıkmadığı gözlenmektedir. Genel olarak yansıma değerleri diğer ölçümlerle karşılaştırıldığında artış eğiliminde olduğu izlenmektedir. Ancak bu artış yakın kızılötesi bölgesinde yüzeydeki bitki için sadece %2 civarında bir artışa tekabül ederken, yeşil ışık dalga boyunda bu artış % 6 civarında gerçekleşmiştir. Görünen ışığın diğer dalga boylarında ise %2-3 artışlar meydana gelmiştir. Burada dikkati en çok çeken sonuç 15 cm derinlikten sonra görünen ışığın kızılötesi dalga boyundan daha yüksek yansıma değerlerine sahip olmasıdır. Özellikle 30 cm'den daha derinlerde ikinci kızılötesi zirvesinin çok belirsizleştiği görülmektedir. Bu sonucun temel sebebi açık renkli zeminin görünen ışığın büyük bir bölümünü yansıtmasından ileri gelmektedir. Diğer bir ifade ile beyaz renk görünen ışığa karşı çok daha hassastır. Neticede de suyun absorbe etme yeteneği zayıflamakta ve yansıyan ışık miktarı artmaktadır. Bitkiye daha hassas olan kızılötesi ışığın düşük yansıma değerleri göstermesi zeminde yansıyan ışığın reflektans değerlerini

domine etmesinden ileri gelmektedir. Dolayısıyla açık renkli zemine sahip su kütlelerinin incelenmesi sırasında yansıma değerlerinin daha dikkatli yorumlanması gerektiğini elde ettiğimiz bulgular açıkça işaret etmektedir. Benzer şekilde bitki örtüsü çalışmalarında açık renkli zeminlerin veri kalitesi ve güvenilirliği üzerinde etkili olabileceği hiçbir zaman unutulmamalıdır.

Sonuç

Bu araştırma suda yaşayan bitkilerin farklı dalga boylarında yansıma özelliklerini belirlemek amacıyla üzerinde bataklık bitkileri yerleştirilmiş bir düzeneğin su ile dolu bir tank içerisinde çeşitli derinliklere indirilerek değişik zemin ve bulanıklık şartlarında ölçümlere tabi tutulmasını kapsamaktadır. Yansıma değerleri farklı derinlik ve zemin koşullarında yüzdesel olarak ifade edilmiştir.

Laboratuvar ortamında yapılan bu deney doğal su ortamlarında yaşayan bitkilerin uzaktan algılama yöntemleri ile incelenmesi sırasında koyu renkli zemin koşullarında ve temiz suyun daha doğru ve güvenilir sonuçlar verebileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca elektromanyetik spektru-



Şekil 5. Beyaz zemin üzerinde ve temiz su koşullarında yapılan ölçümlerin sonuçları

mun yakın kızılötesi bölgesinin özellikle 700-730 nm'lik bölümünün sucul bitkilerin özelliklerinin belirlenmesinde önemli dalga boyu aralığı olduğunu deney sonuçları açıkça göstermiştir. Kızılötesi ışık yansıma pik değerlerinin derinliğe bağlı olarak daha küçük dalga boylarına doğru kaydığı görülmektedir. Ancak bu değişim zemin ve su kalitesine bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Genel olarak deneyimiz su içerisinde yaşayan bitkilerin spektral yansıma değerlerinin farklı derinlik, temizlik ve zemin koşullarına bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle doğru ve güvenilir ölçüm değerlendirmeleri için zemin koşullarının bilinmesinin gerektiği açıkça görülmektedir. Çünkü açık renkli zeminlerin görünen dalga boylarında yansıtıcı reflektans değerleri ürettiği sonuçlardan anlaşılmaktadır.

Derinliğe bağlı olarak yansıma değerlerinin azalması ışığın derinlikle birlikte daha az su içerisine penetre olmasıyla yakından ilgilidir. Canlıların yaşaması için ışığın derine inmesi gerekir. Ancak deney sonuçlarından da anlaşılabileceği gibi bulanık su ortamlarında penetrasyonun belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir. Diğer bir ifade ile asılı sediment içeriği yoğun olan sularda güneş ışınlarının su içerisinde derine doğru ilerleme imkânı bulamadan yüzeyden yansıdığı spektral ölçümlerden anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar ise su içerisinde yaşayan bitkilerin yaşam koşullarının uzaktan algılama yöntemleri ile kolayca tespit edilebileceğini ortaya koymaktadır. Kısaca, bu çalışma uzaktan algılama tekniklerinin yüzey suları içerisinde yaşayan bitkilerin durumlarının incelenmesinde ucuz ve etkili bir yol olduğunu göstermiştir.

Teşekkür

Nebraska Üniversitesi (CALMIT, www.calmit.unl.edu) Profesörlerinden Dr Donald Rundquist'e

fikir aşamasındaki katkılarından ve yüksek lisans öğrencisi Eric Wilson'a da ölçümler sırasındaki yardımlarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Han, L. ve D.C. Rundquist, (1994). The response of both surface reflectance and the underwater light field to various levels of suspended sediment: preliminary results, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **60**, 1463-1471.
- Han, L. ve D.C. Rundquist, (2003). The spectral responses of *Ceratophyllum demersum* at varying depths in an experimental tank, *International Journal of Remote Sensing*, **24**, 4, 859-864.
- Karabulut, M. ve N. Ceylan, (2005). The Spectral Reflectance Responses of Water with Different Levels of Suspended Sediment in The Presence of Algae, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, **29**, 6, 351-360.
- Penuelas, J., I. Filella, A.Gamon ve C. Fields, (1997). Assessing photosynthetic radiation-use, efficiency of emergent aquatic vegetation from spectral reflectance, *Aquatic Botany*, **58**, 307-315.
- Rundquist, C.D., J.F. Schalles ve J.S. Peake, (1995). The response of volume reflectance to manipulated algal concentration above bright and dark bottoms at various depths in an experimental pool, *Geocarto international*, **10**, 5-14.
- Rundquist, D.C., L. Han, J.F. Schalles ve F.S. Peake, (1996). Remote measurement of algal chlorophyll in surface waters: The case for the first derivative of reflectance near 690, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **62**, 195-200.
- Tolk, B.L., L. Han ve D. C. Rundquist, (2000). The impact of bottom brightness on spectral reflectance of suspended sediments, *International Journal of Remote Sensing*, **21**, 11, 2259-2268.
- Valta-Hulkkonen, K., A. Kannien ve P. Pellikka, (2004). Remote sensing and GIS for detecting changes in the aquatic vegetation of a rehabilitated lake, *International Journal of Remote Sensing*, **25**, 24, 5745-5758.